

## Környezettudomány

A 2000-ben létrehozott Környezettudományi Intézet a Kar legfiatalabb tanszékcsoport szintű szervezeti egysége. Az intézet jelenlegi működése több szempontból is sajátosnak tekinthető a karon belül. Egyrészt még nincs önálló személyi állománya, másrészt tevékenysége részben túl is nyúlik a kar működési területén, hiszen alapvető feladata a Szegedi Tudományegyetemen folyó környezettudományi képzés összefogása, szervezése.

A környezettudomány viszonylag fiatal tudományterület. Egyetemünkön 1968-ig nyúlnak vissza oktatásának csírái (a földrajz-földtan és a biológia szakterületen elindult speciális kollégiumokkal), amit az 1980-as évektől jelentős gyakorlati kutatásokra alapozva már szervezett környezettudományi és környezetvédelmi képzés követett. Ezeket a kutatásokat és oktatási elképzeléseket Burger Kálmán fogta össze, akinek a vezetésével megalakult a Környezet- és Természettudományi Kutatási és Oktatási Regionális Centrum (KÖTKORC) az akkori József Attila Tudományegyetem, a Szent-Györgyi Albert Orvostudományi Egyetem és a Juhász Gyula Tanárképző Főiskola 12 intézetének közreműködésével. A centrumhoz később társult a Szegedi Élelmiszeripari Főiskolai Kar és Szegeden működő kutatóintézetek (MTA Szegedi Biológiai Központ, Gabonatermesztési Kutatóintézet, Bay Zoltán Alkalmazott Kutatási Alapítvány Biotechnológiai Intézete). A szervezett oktatás első fázisában a környezetvédelmi posztgraduális képzés (4 féléves, második diplomát adó) indult el. Ezen képzési formát a Magyar Akkreditációs Bizottság akkreditálta, és a szakon összesen több mint 700 hallgató szerzett oklevelet. Ezzel mintegy párhuzamosan a Juhász Gyula Tanárképző Főiskolán kidolgozott környezetvédelem szakos tanárképzés alaptanterve is országos engedélyezésre került és 1992-től megkezdődött a környezetvédelem főiskolai szintű oktatása.

### *Burger Kálmán (1929–2000)*

*Aszódon született és ugyanabba a gimnáziumba járt, ahová Petőfi Sándor is. Apjának patikája volt, így a családi példát követve érettségi után tanulmányait a budapesti orvosegyetem gyógyszerészeti karán folytatta. 1954-ben szerezte meg a gyógyszerész oklevelet. Hallgatóként elsősorban a kémia iránt érdeklődött, és egyetemi oktatói és kutatói pályáját az Eötvös Lóránd Tudományegyetem Schulek Elemér vezette Szervetlen és Analitikai Kémiai Tanszékén kezdte. Diszertációit analitikai témákból készítette, és 1968-ban kapott egyetemi tanári*

kinevezést. Ekkor már Szabó Zoltán vezette a tanszéket, aki nem sokkal korábban foglalta el ezt a pozíciót, felcserélve a szegedi testvértanszék vezetői posztját, ahol viszont Burger Kálmán lett 1983-ban tanszékvezető. Ezt 1996-ig töltötte be, miközben 1987–1990 között a József Attila Tudományegyetem tudományos rektorhelyettesi teendőit is ellátta. Már 1983-ban elindította a tanszéken a biokoordinációs kémiai kutatásokat. 1991-ben Burger Kálmán tanszékének kezdeményezésére a szegedi felsőoktatási intézmények (Tudományegyetem, Orvosegyetem, Tanárképző Főiskola, Élelmiszeripari Főiskola) 12 tanszékének részvételével megalakult a Környezet- és Természetvédelmi Kutatási Oktatási Regionális Centrum (KÖTKORC). 1992-ben megindult a 4 szemeszteres, önköltséges posztgraduális környezetvédő képzés. Burger Kálmán volt a centrum elnöke, titkára Galbács Zoltán, együtt koordinálták az évente induló kurzusokat.



1. ábra. Burger Kálmán (1929–2000)

Mind oktatói, mind kutatói és közéleti tevékenységében sokat tett a kémiai tudományok fejlődéséért és a gyakorlatba való átültetéséért. Fő oktatási területei: analitikai kémia, szervetlen kémia és koordinációs kémia. „**A mennyiségi analízis alapjai: kémiai és műszeres elemzés**” című tankönyve több kiadást is megért. Céltudatos tevékenysége eredményeként alakult meg a Környezettudományi Doktori Iskola, amelynek ő volt az első vezetője. Számos tudományos tisztséget betöltött az egyetemek és a Magyar Tudományos Akadémia testületeiben. A Magyar Tudományos Akadémia 1990-ben választotta levelező tagnak, 1993-tól volt rendes tag.

*Ismert volt, hogy nagyon szeret kirándulni, gyalogolni. Egy interjúban arra a kérdésre, hogy mi volt a legnagyobb nyilvános sikere egy Japánban (ahol a női emancipáció még nem tart ott, mint nálunk) történt esetet mesélt el. Előadása előtt a japán kolléga a bemutatás végén ezt mondta: „És ami legérdekesebb, Burger professzor minden hétfőjén sétál a feleségével két, két és fél óra hosszat. És beszélgetnek.” Erre úgy megtapsolták, mint se azelőtt, se azóta soha. (Sulyok Erzsébet: Aranymosás, Beszélgetések szegedi akademikuskokkal, Délmagyarország Könyv-, Lapkiadó és Nyomdaipari Kft., Szeged, 1995)*

Az egyetemi szintű környezettanár nappali képzés a József Attila Tudományegyetemen 1996-ban kezdődött el. Két évre rá nappali és levelező szakon beindult a környezettudományi képzés. Az érdeklődés az évek során folyamatosan nőtt, így a kezdeti 35 fős felvételi keretszám folyamatosan emelkedett, és az utolsó ötéves képzésben részt vevő évfolyam létszáma már meghaladta a hetvenet.

A megnőtt hallgatói létszám a sok szakterületet összefogó képzésben szükségessé tette az oktatás koordinációját. Ennek érdekében hozta létre 2000 novemberében a Természettudományi Kar a Környezettudományi Intézetet, melynek tevékenysége kezdetben csak a karra korlátozódott, de az oktatási szerkezet átszervezése (kétszintű képzés bevezetése), illetve a bővülő oktatási profil az intézet tevékenységét karok közötti szintre emelte.

A kétszintű képzésre való átállás (2006/2007) során a környezettan alapszak (szakfelelőse Kiricsi Imre) továbbra is népszerű maradt, a felvett hallgatói létszám rendszeresen 80–100 fő körül alakult. A 2007/2008-as tanévtől elindult a (7 féléves) környezetmérnök képzés is (szakfelelőse Dombi András), a szakterületen az első évben ötven, majd a következőben már közel száz fős létszámmal.

### *Kiricsi Imre (1948–2010)*

*Ifjúkorát Szombathelyen töltötte. 1966-ban nyert felvételt a József Attila Tudományegyetem vegyész szakára. Már diákévei alatt aktív tudományos tevékenységet folytatott, munkáját 1971-ben az Országos Tudományos Diákköri Konferencián kiemelt első díjjal jutalmazták. 1972-ben az Alkalmazott Kémiai Tanszéken kezdte egyetemi pályafutását, ahol élete végéig dolgozott. A zeolit-kémia izgalmas kérdéseit vizsgálta Fejes Pál professzorral. Eljárást dolgoztak ki a zeolitok savas centrumainak módosítására, az alumínium eltávolítására. Ezekből az eredményekből írt kandidátusi értekezését 1982-ben védte meg.*

*1986-tól a Humboldt Alapítvány ösztöndíjasaként 15 hónapot a Hamburgi Egyetemen töltött. A karbéniumionok spektroszkópiás tanulmányozásában elért eredményei alapján kapta meg a tudomány doktora fokozatot 1992-ben. Ezután két évig Milánóban az **Eniricerche SpA** tanácsadójaként dolgozott. Itt a petrokémiai iparban alkalmazott savas, zeolitbázisú, ill. más, rendezett pórusos vagy réteges szerkezetű szervesetlen anyagok szintézisével, módosításával és katalitikus alkalmazásaival foglalkozott.*



2. ábra. Kiricsi Imre (1948–2010)

*1995-től érdeklődése a nanoszerkezetű anyagokra irányult. Értékes eredményeket ért el az egyfalú szén nanocsövek szintézisének területén, amelyből kiindulva a szervesetlen nanocsövek, nanostrukturák világa felé fordult a figyelme.*

*2000 októberétől egy évet töltött **Somorjai Gábor** professzor laboratóriumában (**University of California, Berkeley**). Együtt tervezték meg a nagyszelektivitású fémkatalizátorok szintézisének egy teljesen új módszerét: a fémrészecskéket nm-es méretben előre elkészítve építik be a mezopórusos szilikátokba.*

*Kiricsi Imre a tudományos közéletben is aktívan vett részt. A Magyar Tudományos Akadémia Katalízis Munkabizottságának elnöki tisztét két cikluson keresztül (1999–2005) töltötte be, haláláig elnöke volt az Akadémia Környezeti Kémiai Bizottságának, kezdeményezője volt a Magyar Zeolit Társaság megalapításának (1992), ennek első titkára volt (1992–98), majd elnöke lett.*

*1993-ban nevezték ki egyetemi tanárrá, 1996-ban választották meg az Alkalmazott (és Környezeti) Kémiai Tanszék vezetőjének, amit 4 ciklusban töltött be. Munkatársait kemény munkára készítette, segítette őket a tudományos és*

oktatói előmenetelben, amit két sikeresen megvédett és egy benyújtott MTA doktori értekezés is bizonyít. Vezetésével a tanszék sikeres pályázati tevékenységet folytatott, jelentős ipari kapcsolatokat épített ki.

Három ciklusban volt vezetője a Kémiai Tanszékcsoportnak, majd a Környezettudományi Intézetnek (2004–09). A doktori képzésben a kezdetektől (1993) fogva részt vett, oktatóként, témavezetőként és 2000-től a Környezettudományi Doktori Iskola vezetőjeként. 2007-től a Szegedi Tudományegyetem kutatásfejlesztési és innovációs rektorhelyettesi tisztségét is betöltötte.

Mindezek mellett tanított is, főkéllégiumként **Kémiai technológiát** és **Környezetvédelmi technológiát** tartott, speciális kollégiumként **Nanotechnológia, Zeolitkémia, Petrolkémia és Heterogén katalízis** című kurzusokat oktatott. Hat egyetemi jegyzet társszerzője.

Munkáját számos elismeréssel, kitüntetéssel méltányolták: 1997-ben Széchenyi professzori ösztöndíjat, 2003-ban Mestertanári kitüntetést, 2006-ban a Magyar Köztársasági Arany Érdemkeresztjét, 2010-ben pedig Szent-Györgyi Albert-díjat vehetett át.

Kiricsi Imre őszinte, tréfálkozó, jókedvű ember volt, tele életkedvvel, sport-szeretettel. Büszke volt a röplabdában elért ifjúkori sikereire, az egyetemi asztalitenisz bajnokságában nyert három első helyezése, a foci pályán lőtt góljaira, az úszóteljesítményére, és az utolsó években az unokáira. Hirtelen távozása megdöbbentő.

(Forrás: Halász János, Kónya Zoltán, Magyar Kémikusok Lapja, 305, 65 (2010).

A Szegedi Tudományegyetem az elsők között sikeresen akkreditáltatta a környezettudományi mesterszakot, így az alapképzéshez kapcsolódva a 2009/2010-es tanévtől el is indult (szakfelelőse Rakonczai János). A környezetmérnök mesterszak akkreditációja is megtörtént 2012-ben, így teljessé vált ezen terület oktatási spektruma is.

A Környezettudományi Intézet tevékenységét az Intézet Tanácsa irányítja. A Tanács a Természettudományi és Informatikai Kar négy, a képzésben szorosabban érintett tanszékcsoportja (Biológus, Fizikus, Földrajz-Földtani és Kémiai), valamint három, a képzésekbe bekapcsolódó további egyetemi kar (Általános Orvostudományi Kar, Juhász Gyula Pedagógusképző Kar és Mérnöki Kar) képviselőiből áll. Az intézet gyakorlati munkáját az intézet igazgatója irányítja, akit a képzésben legnagyobb súllyal résztvevő három tanszékcsoport (Biológus, Földrajz-Földtani és Kémiai) képviselői közül választanak egy ciklusra, rotációs elvet követve. Az intézet alapító vezetője Gallé László (Biológus Tanszékcsoport) volt, akit

a rotációs elvnek megfelelően Kiricsi Imre (Kémiai Tanszékcsoport), majd Rakonczai János (Földrajz-Földtani Tanszékcsoport) követett. A jelenlegi vezető, már második ciklusban Rákhely Gábor (Biológus Tanszékcsoport). Az intézetnek önálló oktatói gárdája nincs, a képzések személyi állományát a Természettudományi és Informatikai Kar és a társkarok biztosítják felkérésre.

A környezettudományi képzés szerves része a doktori képzés. A 2001-ben történt átszervezések során megalakult a Szegedi Tudományegyetemen is a *Környezettudományi Doktori Iskola*, melynek vezetője Kiricsi Imre egyetemi tanár lett. Utóda, korábbi helyettese, Dombi András egyetemi tanár volt, jelenleg pedig Kónya Zoltán egyetemi tanár tölti be ezt a funkciót.

Az elmúlt évtizedben a környezetvédelmi képzés szinte teljes vertikuma kiépült a Szegedi Tudományegyetemen. Az ezen időszak során megszerzett tapasztalataink, illetve a Környezettudományi Intézetet alkotó magasan képzett kutató- és oktatógárda kiváló biztosítékul szolgál a változatos képzési formáinkat választó hallgatóink színvonalas képzésére.

### *Környezettudományi Diákkör*

Az Országos Felsőoktatási Környezettudományi Diákkonferenciát (OFKD) 1988-ban alapították, és két évente rendezik meg azokban az években, amikor nincs OTDK (Országos Tudományos Diákköri Konferencia). A környezettan, környezetmérnök hallgatóink számára kitűnő lehetőséget nyújt kutatómunka végzésére. Rajtuk kívül természetesen a kar más szakos hallgatói is indulhatnak környezettudományi jellegű témákkal. Az országos konferencia előtt helyi konferencián történik a kiválasztás, de az OFKD abban különbözik az OTDK-tól, hogy nemcsak a helyi konferencián túljutva, hanem megvédett szakdolgozattal/diplomamunkával is lehet indulni.

Hallgatóink szép számmal és sikeresen szerepelnek az országos konferenciákon. Példaként három, az Egerben (2006), Nyíregyházán (2008) és Sopronban (2010) rendezett konferenciát nézve a következő adatokat találjuk: 23 hallgató, 8 díj; 37 hallgató, 19 díj és 28 hallgató, 18 díj. Hasonlóak voltak az eredmények a Veszprémben (2012) és Pécsen (2014) rendezett konferencián is. Eredményeink elismerése, hogy 2016-ban Szeged adja a helyszínt intézetünk szervezésében.

A következőkben a Környezettudományi Intézet szerteágazó kutatási irányairól és eredményeiről adunk áttekintést.



## Környezetmérnöki kutatások a Szegedi Tudományegyetem Környezettudományi Intézetében

*Programvezető: dr. Hodúr Cecília egyetemi tanár*

Az intézet munkatársainak kutatás-fejlesztési és innovációs tevékenysége, részben önálló témák gondozásában teljesül ki, részben pedig a Szegedi Tudományegyetem kiemelt kutatási területeihez kapcsolódó és más hazai, illetve nemzetközi intézetekkel folytatott együttműködés keretében valósul meg.

Alkalmazkodva a felfedező és alkalmazott kutatási trendekhez, az intézetünk létrehozta a **Hulladékhasznosítás és Megújuló Energiák Kutatócsoportját** (HUMEK) dr. Hodúr Cecília egyetemi tanár vezetésével.

Ezen keretek között számos pályázat eredményeként olyan infrastruktúrát, laboratóriumi háttérrel alakítottunk ki, amely alkalmas a hulladékhasznosítás és a megújuló energiák témakörök széles területén végzett kutatás-fejlesztési, innovációs feladatok magas színvonalú megoldására.

A HUMEK egyik fontos kutatási területe az élelmiszer-ipari hulladékokból történő bioaktív vegyületek kinyerését célzó eljárások fejlesztése, valamint a mezőgazdasági és élelmiszer-ipari hulladékok bioenergetikai hasznosítási lehetőségeinek vizsgálata. Kutatásaink során hazai és nemzetközi együttműködés keretében számos kutatóintézettel vagyunk kapcsolatban és végzünk eredményes fejlesztéseket.

Nemzetközi együttműködés keretében az MTT Agrifood Research Finland intézettel közösen új módszert fejlesztettünk ki az antioxidáns vegyületek kinyerésére növényi eredetű melléktermékekből mikrohullámmal intenzifikált extrakciós (MAE) eljárással.

Kutatócsoportunk a Veszprémi Egyetem Biomérnöki, Membrántechnológiai és Energetikai Kutatóintézetével együttműködve vizsgálta a hagyományos és a MAE módszerrel történő pektin-extrakció alkalmazhatóságát bogyós-gyümölcsök préselési maradványai esetében. A mikrohullámú kutatásaink kiterjednek az élelmiszeriparban és a biohajtóanyag előállításban alkalmazható enzimes folyamatok intenzitásának növelésére.

Kutatásaink egyik legfontosabb, a gyakorlatban jól hasznosítható eredménye az élelmiszer-ipari szennyvíziszapok biológiai lebonthatóságának fokozására és a biogáz produktum növelésére alkalmas mikrohullámú kondicionálási módszer kidolgozása. A mikrohullámmal kapcsolatos kutatások a karon dr. Keszthelyi-Szabó Gábor egyetemi tanár tudományos tevékenységéhez kötődnek. Legújabb eredményeink alapján a folytonos kezelést lehetővé tevő mikrohullámú kezelő- és mérőrendszer fejlesztését végezzük.

A HUMEK másik fontos kutatási területe a membrános eljárások vizsgálata. A nyomáskülönbségen alapuló membránszeparációs eljárások (mikroszűrés–MF; ultraszűrés–UF; nanoszűrés–NF és fordított ozmózis–RO) alkalmazása napjainkban laboratóriumi és ipari körülmények között is egyre szélesebb körben terjed. Kutatásaink során vizsgáljuk a különböző membrános eljárások környezetvédelmi alkalmazását a víz- és szennyvíztisztításban. Kutatásaink másik fókuszpontja a különböző ipari (pl. élelmiszer-ipari) szennyvizek UF, NF és RO eljárásokkal történő tisztíthatóságának vizsgálata.

A termo-plasztikus anyagok hőkárosodásból eredő minőségi romlása elkerülhető NF és RO eljárások alkalmazásával. Élelmiszer-ipari hulladékokból (pl. préslepenyek) kinyert anyagok és melléktermékek (pl. savó) értékes, hőérzékeny komponenseit a folyékony halmazállapotból NF és RO eljárásokkal sűrítjük. Ez irányú fejlesztéseinket hazai élelmiszer-feldolgozó vállalatokkal együttműködve végezzük.

A kutatócsoport jelentősebb publikációi:

1. Szabolcs Kertész, Ádám Veszprémi, Zsuzsanna László, József Csanádi, Gábor Keszthelyi-Szabó, Cecilia Hodúr: Investigation of module vibration in ultrafiltration, *Desalination And Water Treatment*: pp. 1–7. (2014)
2. Béla-Bakó, Katalin; Cserjési, Petra; Beszédes, Sándor; Csanádi, Zsófia; Hodúr, Cecilia.: Berry Pectins Microwave-Assisted Extraction and Rheological Properties. *Food and Bioprocess Technology*, 5, 1100–1105., 2012
3. Sándor Beszédes, Zsuzsanna László, Zsuzsanna H. Horváth, Gábor Szabó, Cecilia Hodúr: Comparison of the effects of microwave irradiation with different intensities on the biodegradability of sludge from the dairy- and meat-industry. *Bioresource Technology*, 102, 814–820. 2011
4. Sz. Kertész; Zs. László; E. Forgács; G. Szabó; C. Hodúr: Dairy wastewater purification by vibratory shear enhanced process. *Desalination and Water Treatment* 35: pp. 195–201. (2011)
5. Kertész Szabolcs, Landaburu-Aguirre Junkal, García Veronica, Pongrácz Éva, Hodúr Cecilia, Keiski Ritta; A statistical experimental design for the separation of zinc from aqueous solutions containing sodium chloride and n-butanol by Micellar-enhanced ultrafiltration; *Desalination and Water Treatment* 9, 221–228 (2009).

A Membrán- és Környezettechnikai Kutatócsoportunk (MEKÖKUT) dr. László Zsuzsanna egyetemi docens irányításával, vezetésével végzi munkáját. Egyik fontos kutatási területe a nagyhatékonyságú oxidációs eljárások és a membrántechnika alkalmazásának kombinált vizsgálata.



Bár a vízkezelési feladatok megoldásában a membránszűrés nagyon jó hatásokkal használható, széleskörű elterjedésének gátat szab néhány ma még megoldatlan probléma, mint a membránok eltömődése, amely a vízfluxus csökkenéséhez, a működtetési költségek növekedéséhez, végső soron a membrán gyors elhasználódásához, élettartamának csökkenéséhez vezet. A másik probléma a szűrés során visszamaradó, magas szennyezőanyag-tartalmú koncentrátum sorsa, további hasznosításának lehetősége.

Kutatócsoportunk vizsgálja, hogy a nagyhatékonyságú oxidációs eljárásokon (pl. ózon, hidrogén-peroxid, UV-fény, Fenton-reakció, illetve ezek kombinációi) alapuló előkezelések hogyan befolyásolják a membránszűrések során a membránok eltömődését, illetve azok fluxus és visszatartási értékeinek változását. Ezen eljárásokat eredményesen alkalmaztuk pl. tejipari, illetve húsipari szennyvizek szűrése esetében. Bizonyítottuk azt is, hogy az előkezelések eredményeképpen nő a visszamaradó koncentrátum biológiai bonthatósága, amely lehetővé teszi biológiai tisztítóban való hatékony semlegesítését is.

Kutatásaink egyik iránya a nagy szervesanyag-, elsősorban szénhidrogéntartalmú vizek szűrésének, szűrhetőségének vizsgálata, amelynek eredményei hasznosíthatók lehetnek a mélységi vizek, termálvizek felhasználás előtti előkezelése során is.

Kutatócsoportunk vizsgálja továbbá a membránok eltömődésének csökkentési lehetőségeit is. Fizikai eljárásokat alkalmazunk, ultrahangos kezeléseket és/vagy membrán modul vibrációt, hogy vizsgáljuk, hogy további hozzáadott kémiai anyagok nélkül is hatékony eredményeket tudunk-e elérni. Vibráció nélküli és vibráció melletti membránszűréseket végzünk azonos pórusméretű és anyagú membránokkal azonos paraméterek mellett a fluxusok és membránvisszatartások meghatározása és összehasonlítása céljából. Membránok jellemzése érdekében kontaktszög-méréseket és elektronmikroszkópos felületi és keresztmetszeti képek jellemzését végezzük, mind a kezeletlen alapmembránokra, mind az eltömődött membránokra vonatkozóan, annak érdekében, hogy a membránok felületi tulajdonságait vizsgáljuk. Eredményeinket a membráneltömődés előrejelzésében és modellezésében alkalmazzuk.

A különböző, fentebb említett eljárások membránszeparációs eljárásokkal történő kombinálása, akár előkezelésről, akár utókezelésről van szó, napjainkban ígéretes kutatási téma. A hatékonyság növelése érdekében (mint amilyen a magasabb fluxus, membránvisszatartás, illetve alacsonyabb ellenállási értékek kialakulása) kutatócsoportunk számos eljárást és módszert dolgozott ki. Eredményeinket rangos hazai és nemzetközi tudományos folyóiratokban közzétettük és publikáljuk folyamatosan.

A kutatócsoport jelentősebb publikációi:

1. Zsolt László Kiss; Lajos Kocsis; Gábor Keszthelyi-Szabó; Cecilia Hodúr; Zsuzsanna László: Treatment of oily wastewater by combining ozonation and microfiltration, Desalination and Water Treatment pp. 1–8. (2014)
2. Kiss Zsolt László; Szép Angéla; Kertész Szabolcs; Hodúr Cecilia; László Zsuzsanna: Treatment of waste thermal waters by ozonation and nanofiltration, Water Science and Technology (ISSN: 0273–1223) 67: (6) pp. 1272–1279. (2013)
3. Zs. László; Sz. Kertész; S. Beszédes; Zs. H. Hovorka; G. Szabó; C. Hodúr: Effect of preozonation of the filterability of model dairy waste water in nanofiltration. Desalination 240: pp. 170–177. (2009)
4. S. Beszédes; Sz. Kertész; Zs. László; C. Hodúr: Biogas production of ozone and/or microwave pretreated canned maize production sludge. Ozone-Science & Engineering 31: pp. 257–261. (2009)
5. Zsuzsanna László; Szabolcs Kertész; Edit Mlinkovics; Cecilia Hodúr: Dairy waste water treatment by combining ozonation and nanofiltration. Separation Science And Technology (7) pp. 1627–1637. (2007)

A kutatócsoportok munkájából származó szabadalmi bejelentések:

- P0800157 alapszámú magyar szabadalmi bejelentés: Biogáztermelés és biogáz-lebonthatóság (aerob és anaerob) növelése bogyós gyümölcsök préslepenyének mikrohullámú kezelésével
- P0800488/5 Bejegyzés alatt álló magyar szabadalmi bejelentés: Eljárás antioxidáns hatású színezékeket tartalmazó pektin kinyerésére hagymányos és mikrohullámmal intenzifikált

## **Környezeti biokémiai és biotechnológiai kutatások a Szegedi Tudományegyetem Környezettudományi Intézetében**

*Programvezető: dr. Rákhely Gábor, egyetemi docens*

A Környezettudományi Intézet biológiai folyamatokkal foglalkozó kutatócsoportjai teremtik meg a kapcsolatot az élő és élettelen tudományok között, az ún. „környezeti biológia” – az élettudományok ipari és környezetvédelmi – kérdéseit célozva meg.

## Alternatív energiahordozók biológiai előállítása

A kimerülő fosszilis energiaforrások miatt megkerülhetetlen megújuló energiahordozók (biohidrogén, biogáz) biotechnológiai úton történő hatékony termelését segítő alap- és alkalmazott kutatások vizsgálják a technológiák biokémiai, mikrobiológia alapjait.

A biohidrogén, melyet a világ nagyhatalmai is a jövő energiahordozójának tartanak (elégetése, az energia visszanyerése során nem képződik más melléktermék, csak víz), bio-előállításának környezeti jelentősége, hogy a teljes üzemanyag előállítási és felhasználási ciklusból a szénkörforgás kihagyható, nincs üvegházhatást okozó melléktermék. A napfény energiájának közvetlen konverziójával is nyerhető fotoszintetikus mikroorganizmusok (algák, cianobaktériumok, bíbor baktériumok) alkalmazásával, illetve alternatív megoldásként, hidrogén fejleszthető biomasszából is, ebben az esetben fermentatív mikrobákat alkalmaznak oxigénmentes körülmények között. Az egyik kutatócsoport tagjai alkalmazott kutatási projektjeiben többféle biomassza (cukor-, illetve fehérjealapú) alapanyagot kipróbálva keresik a leghatékonyabb biokonverziós eljárást a megújuló energiahordozók előállítására.

Fotoszintetizáló mikroorganizmusok redox rendszereinek vizsgálatával foglalkozó kutatócsoport célja a fotoszintetikus baktériumok részletes megismerése és környezetvédelmi biotechnológiai célokra való alkalmazása. E mikroorganizmusok bioenergetikai folyamatainak feltérképezéséhez genetikai, biokémiai, funkcionális genomikai, proteomikai és bioinformatikai megközelítéseket alkalmaznak.

A gáznemű alternatív energiahordozók közül a biogáz technológiája a legfejlettebb. A biogáz biomasszából mikrobiális konzorcium által előállított gáz, mely mintegy 60–70% metánból 30–40%  $\text{CO}_2$ -ből áll. A biogázképződés tehát egy természetes biológiai folyamat, melynek ipari szintű megvalósítása részben megoldott. A jelenleg folyó kutatás-fejlesztési projekteknek a célja, a megfelelő biomassza alapanyag és a leghatékonyabban működő mikrobiális konzorcium megtalálása a legjobb metánkihozatal érdekében.

## Bioremediáció/biofinomítás

A környezetvédelem jegyében zajló kutatások a környezetünkre ártalmas hulladékok biológiai alapú ártalmatlanításával foglalkoznak. A környezetidegen anyagok ipari hasznosításának, illetve lebontásának két módja lehetséges: abiotikus és biotikus. A biotikus módszerek alapját a mikroorganizmusok

jelentik, melyek rendkívüli adaptációs képességüknek következményeként a szennyezett környezetben is megjelennek, s egy speciális mikrokörnyezetet kialakítva képesek a szennyező szerves vegyületeket szén- és/vagy energiaforrásként felhasználni, illetve az ember számára hasznos terméké alakítani. A biotechnológiai eljárásokhoz olyan irányított egyedi törzset vagy sejtkeverékeket terveznek, melyek egyes tagjait külön-külön ismerjük, és külön-külön vagy együttesen alkalmazva hatékony szennyezőanyag-eltávolítást vagy -hasznosítást érhetünk el. Kutató-fejlesztő projekteknél szénhidrogének, klórozott-alifás, aromás, szulfonált aromás és heterociklusos vegyületeket tartalmazó szennyezett minták mikrobiális bonthatóságának vizsgálata zajlik.

Biofinomító eljárások molekuláris alapjainak és gyakorlati megvalósításának kidolgozása során vizsgálják fehérje-, illetve cukoralapú polimerek biokonverziós lehetőségeit, melynek jelentősége, hogy a bomlástermékek (aminosavak, peptidek, illetve monoszaharidok, oligoszaharidok) alternatív energiahozók előállításához alkalmas szubsztrátok.

A tiszta technológiák fejlesztéséhez elengedhetetlen az enzim katalizálta reakciók vizsgálata, optimalizálása, hatékony, stabil enzimek kutatása. Az ipari szintű mikrobiális konverziók fejlesztéséhez alapvető feladat a megfelelő mikroorganizmusok keresése, melyhez komoly segítséget nyújt a modern molekuláris biológiai, biotechnológiai, bioinformatikai eszköztár. A tiszta technológiák fejlesztéséhez végzett kutatások célja olyan környezetbarát hatóanyagok, enzimek keresése, melyek egészségkárosítás nélkül kényelmesebbé és biztonságosabbá tehetik életünket, és a fenttartható környezet, fejlődés, a jövő szolgálatába állítani ezeket.

## **Fágterápia-patogén baktériumok bioremediációja**

Új kutatási területként bakteriális fertőzések, elsősorban növénypatogének ellen fejlesztenek terápiás eljárásokat bakteriofágok alkalmazásával. A bakteriofágok kizárólag baktériumokat fertőzni képes vírusok. Mint a baktériumok természetes ellenségei sokoldalú felhasználással rendelkeznek. Az egyre terjedő antibiotikum-rezisztenciák fényében a bakteriofágok az antibiotikumok potenciális alternatívái lehetnek a jövőben, de ígéretesek élelmiszer-biztonsági vagy növényvédelmi alkalmazásuk is. A fágterápiában használni kívánt bakteriofágoknak sok követelményt kell teljesíteniük, ezért a már korábban, illetve az újonnan izolált bakteriofágokat jellemezni kell. Az ezzel a témával foglalkozó kutatócsoport meghatározza az adott bakteriofág gazdaspecifitását, továbbá genomikai és proteomikai vizsgálatokat is végez. Együttműködésben, új potenciális terápiás felhasználhatósággal rendelkező bakteriofágok izolálá-

sát és jellemzését végzi, illetve a fágfehérjék, enzibiotikumok antimikrobiális szerként való hasznosíthatóságát vizsgálja.

## **Szabadgyökképződés/Oxidatív stressz/Antioxidáns védekező rendszerek**

A nem-kedvező életkörülmények az élővilág tagjaiban sokszor különféle stressz-válaszokat indukálnak. Az egyik tudományos műhely kutatási területe a környezeti stresszorok indukálta szabadgyökképződés, az oxidatív stressz és a stressz-válaszban résztvevő védekező mechanizmusok molekuláris hátterének vizsgálata hal és patkány modell rendszereken, valamint humán szövetmintákon.

Valamennyi élő szervezet számára nagy kihívást jelentenek azon kémiai, biokémiai és fizikai faktorok melyek fokozott jelenléte a sejtek integritását, a homeosztázis fenntartását befolyásolhatják. Az evolúció során az aerob élőlényekben például komplex antioxidáns védelmi rendszer alakult ki a szabadgyökök eliminálására, illetve az általuk okozott „károk” mentésére. A reaktív oxigén szabadgyökök (ROS) az aerob anyagcsere melléktermékeként normál fiziológiás körülmények között is folyamatosan termelődnek és esszenciális szerepet játszanak bizonyos sejtfunkciók szabályozásában. Környezeti tényezők, mint például a radioaktív és UV-sugárzás, a nehézfémterhelés, a hirtelen hőmérséklet-változás, illetve egyes patológiás folyamatok fokozott ROS termelődést indukálnak, és ez a sejtek prooxidáns/antioxidáns egyensúlyának felbomlásához, oxidatív stresszhez vezet. Az oxidatív stressz során olyan degeneratív folyamatok indukálódhatnak, mint a DNS-károsodás, a fehérjék oxidációja/denaturációja vagy a lipidek peroxidációja, melyek apoptózishoz, illetve nekrozishoz vezethetnek.

A gyors stresszválasz, a sejtek adaptációja kritikus lépés a sejtek túlélése érdekében. A stresszt követő válaszreakciók során a sejt szintű védekezésben és a molekuláris szintű kármentésben részt vevő enzimek és nem enzimikus fehérjék expressziója jelentősen megnő. Ezek a változások sokszor jellemzőbbek, érzékenyebbek és nem utolsósorban, mérhetőbb paraméterek, mint a toxicitás maga. Ezért a mért változások alkalmas biomarkerek lehetnek a környezetszennyezés jellemzésére.

Munkájuk során pl. a különböző nehézfémek stresszor- és szövetspecifikus hatásmechanizmusát a képződő szabadgyökök meghatározásával, a védekező rendszer elemeinek komplex vizsgálatával és a makromolekulák károsodásának kimutatásával követik halakban, rágcslókban. Vizsgálják az anyai életmód (pl. dohányzás) következményét, az embrionális fejlődésére; választ

keresnek arra, hogy mi a  $\text{Cd}^{2+}$  akkumuláció következménye a placentára, a köldökzsinór ereire, illetve az erek endothel sejtjeinek  $\text{Zn}^{2+}$  háztartására nézve.

### *Válogatott publikációk:*

- Tengolics R., Meszeros L., Gyori E., Doffkay Z., Kovacs K. L. and Rakhely G.: Connection between the membrane electron transport system and Hyn hydrogenase in the purple sulfur bacterium, *Thiocapsa roseopersicina* BBS *Biochimica et Biophysica Acta – Bioenergetics* 1837 (10), pp. 1691–1698. (2014)
- Acs N., Kovacs E., Wirth R., Bagi Z., Strang O., Herbel Zs., Rakhely G., Kovacs K. L.: Changes in the Archaea microbial community when the biogas fermenters are fed with protein-rich substrates. *Bioresources technology* 131: pp. 121–127. (2013)
- Pekgoz G., Gunduz U., Eroglu I., Yucel M., Kovacs K., Rakhely G.: Effect of inactivation of genes involved in ammonium regulation on the biohydrogen production of *Rhodobacter capsulatus*. *International journal of hydrogen energy* 36: (21) pp. 13536–13546. (2011)
- Kovács, K. L., Maróti, G., Rákhely, G.: A novel approach for biohydrogen production  
*International Journal of Hydrogen Energy*, 31 (11), pp. 1460–1468. (2006)
- Rakhely G., Kovacs A. T., Maroti G., Fodor B. D., Csanadi G., Latinovics D., Kovacs K.L.: Cyanobacterial-type, heteropentameric, NAD(+)-reducing NiFe hydrogenase in the purple sulfur photosynthetic bacterium *Thiocapsa roseopersicina*. *Applied and environmental microbiology* 70: pp. 722–728. (2004)

## **Természetvédelmi ökológiai kutatások a Szegedi Tudományegyetem Környezettudományi Intézetében**

*Programvezető: dr. Pénzes Zsolt, egyetemi docens*

Az Alföld jelentős részének eredeti, természetes növényzete az erdőssztyepp. Nagy kiterjedésű szikes, lösz- és homokpuszták váltakoztak ligetes erdőkkel, a folyók mentén kiterjedt ártéri élőhelyek területek el. Erdőtelepítések



hatására jelenleg a Kiskunság közel 20%-át őshonos és idegenhonos fajokból álló erdőültetvények borítják, a 19. századi folyószabályozást következtében a folyóvölgyek szerkezete is jelentősen átalakult. A szabályozás után kialakult hullámterek keskenyek, nagyobb folyóinkról a szigetek néhány kivételtől eltekintve hiányzanak. Vizsgálataink célja, hogy feltárjuk, mely tényezők határozzák meg a jelentősen zavart másodlagos élőhelyek és a természetközeli területek ízeltlábú faunájának – elsősorban poloska, egyenesszárnyú, pók, hangya és futóbogár – diverzitását és faji összetételét.

A folyóvölgyek esetén a táj kompozíciós heterogenitása és az élőhelyeket jellemző paraméterek együttesen hatnak az ízeltlábúakra, a hullámtéri és mentett oldali gyepek, erdők faunája az élőhelyek strukturális hasonlósága ellenére jelentősen eltérő. A pókok, poloskák és egyenesszárnyúakon végzett vizsgálatok alapján a legnagyobb hatású táji változó és lépték, az 500 méter sugarú körön belül található elemek kompozíciós heterogenitása. A folyószigetek esetén az élőhely jellemzői erőteljesebben befolyásolják az ízeltlábú-együtteseket, mint a táj szerkezete, feltételezhetően a folyó szintjének változásából adódó rendszeres zavarás következtében; a szigetek természetvédelmi szerepe jelentős, mert antropogén zavarásuk minimális. A folyóvölgyek faunájának megőrzése szempontjából a hullámtéri és mentett oldali élőhelyek diverzitásának fenntartása szükséges. Mozaikos szikes gyepeken, a növényzeten élő ízeltlábúak diverzitását elsősorban a vegetáció fajkompozíciója határozza meg, bár hatása a ragadozók esetén kevésbé jelentős, mint a herbivóroknál. A fragmentáció és izoláció lényeges hatását nem mutattuk ki, a lokális kezelés változása és a vegetáció degradációja veszélyeztetheti a természetvédelmi szempontból igen értékes faunát. Telepített kiskunsági erdők esetén a fajok és az élőhely struktúrája határozza meg az ízeltlábú-diverzitást. A növényzeti struktúra kialakításában döntő szerepet játszik az inváziós selyemkóró. Míg az erdő korának, a táj erdőszülségének hatását nem mutattuk ki. A tájléptékű vizsgálatok jelentős része a fragmentációt jellemző változók, az élőhelyméret és az izoláció hatásával foglalkozott. Az élőhelymennyiség hipotézis ezt a két változót helyettesíti egyetlen változóval, az élőhely mennyiségével. Eltérő élőhelyek határán, sajátos, külön élőhelyek a szegélyek, találhatóak. A szegély-kölcsönhatás hipotézis szerint a táji szegélydenzítás és a legközelebbi szegély távolsága a vizsgált szegély biotájára jelentősen hat. A fenti két hipotézist teszteljük jelenleg a kiskunsági erdőssztyeppen és a Turjánvidéken.

Egy élőhely faunájának változatossága az ökológiai tényezők mellett az azt alkotó fajok populációi történetének is függvénye. A populációk eredetére, elterjedésének térbeli és időbeli változására molekuláris markerek elemzésével következtethetünk. Több, elsősorban természetvédelmi szempontból kiemelt

gerinctelen csoport (több csigafaj, gyalogcincérek, futóbogarak, lepkék, hangyák) populációinak szerkezetét (genetikai diverzitás, populációk közötti különbségek) és leszármazási kapcsolatait vizsgáltuk DNS-szekvenciák és mikroszatellit markerek segítségével. Előfordulhat, hogy a fajok taxonómiai helyzete is bizonytalan, ez különösen igaz a kizárólag erre a régióra jellemző taxonokra. Ennek tisztázására a DNS-szekvenciákra alapuló molekuláris filogenetika egy hatékony eszköz. A fenti csoportokon kívül sikerrel alkalmaztuk különböző hártácsszárnyú taxonok leszármazási kapcsolatainak tisztázására is, betekintést nyerve ezáltal gazdacapcsolataik evolúciójába.

### *Néhány reprezentatív publikáció:*

- Torma, A., Gallé, R., Bozsó, M. (2014). Effects of habitat and landscape characteristics on the arthropod assemblages (Araneae, Orthoptera, Heteroptera) of sand grassland remnants in Southern Hungary. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 196, 42–50.
- Gallé, R., Maák, I., Szpisjak, N. (2014) The effects of habitat parameters and forest age on the ground dwelling spiders of lowland poplar forests (Hungary). *Journal of Insect Conservation*, DOI 10.1007/s10841-014-9686-9
- Csősz, S., Wagner, H.C., Bozsó M., Seifert, B., Arthofer, W., Schlick-Steiner, B.C., Steiner F.M., Péntes, Zs. (2014) *Tetramorium indocile* Santschi, 1927 stat. rev. is the proposed scientific name for *Tetramorium* sp. C sensu Schlick-Steiner et al. (2006) based on combined molecular and morphological evidence (Hymenoptera: Formicidae). *Zoologischer Anzeiger*, 253, 469–481.

## **A JGYPK környezetközpontú kutatásai a Környezettudományi Intézetben**

*Programvezető: dr. Gálfi Márta, főiskolai tanár*

Az SZTE JGYPK Környezet-biológiai és Környezeti Nevelés Tanszékén működő kutatócsoport elsősorban a környezet mint feltételező által értelmezett biológiai rendszervizsgálatokkal foglalkozik a Boole-logika szerint. Ennek megfelelően a vizsgálandó biológiai rendszer komplexitásokat – bio-makromolekuláristól az egyed és ezek feletti rendszerszintekig – a vonzási tartományok

(környezeti és háttér események) hatásai szerint tanulmányozzuk, elemezzük és értelmezzük. Amikor kísérleteinkkel alátámasztottan olyan hatásokat észlelünk, melyekhez nem tudunk jól definiálható ok-okozati összefüggést rendelni, akkor az adott rendszerszint alap biológiai mechanizmusait, akár az alapkutatási szinteken értelmezett követelményeknek megfelelően tárjuk fel. Ezután a megismert mechanizmusokkal összefüggésben vizsgáljuk a feltételváltozások hatásait, melyeket követve próbálunk a konzekvens homeosztatikus összefüggésekre következtetni. Ilyen módon lehetőségünk nyílik a környezeti potenciál biológiai rendszerekre vonatkoztatható mélyebb összefüggéseinek feltárására.

Másrészt munkacsoportunk olyan adaptációs kutatásokat is folytat, melyekkel a kapott experimentális eredményeink innovációba vonását alapozzuk meg. Ebben az összefüggésben a hazai és közösségi szabványkövetelmények adott kutatási protokollra való kiterjesztése is megvalósítandó céljaink közé került. Monitoring eszközök fejlesztését, adaptálását, valamint környezetbiztonsági szempontból jelentős eljárások kidolgozását és alkalmazását sikerült eddig megoldani.

További feladataink között szerepel, hogy kutatási (experimentálási és adaptálási területekről egyaránt) eredményeinket bevonjuk az oktatásba, annak reguláris és irreguláris megvalósításával. Szisztematikusan felépített munkánk során törekszünk a tacit és explicit tudástartalmak életkori, valamint a felhasználói igényt megfogalmazó sajátságoknak megfelelő módszerek kidolgozására, a vállalt disszeminációs missziónk sikere érdekében.

/Mustafa A., Cseke I., Cseri J., Daragó L., Fábián G., Gálfi M., Hajnal B., Horváth B., Kovács Z., Papp I., Szabó E. J., Szigeti F., Szilágyi B., Zagyi B. (2006) Minőségi oktatás hatékony vezetéssel európai dimenzióban (Képzési segédanyag I.). Nemzeti Fejlesztési Terv keretén belül Humánerőforrás-fejlesztési Operatív Program támogatásával. [HEFOP/2004/3.3 1-P.-2004-09-0113/1.0]; Mustafa A., Cseke I., Cseri J., Daragó L., Fábián G., Gálfi M., Hajnal B., Horváth B., Kovács Z., Papp I., Szabó E. J., Szigeti F., Szilágyi B., Zagyi B. (2006) Minőségi oktatás hatékony vezetéssel európai dimenzióban (Képzési segédanyag II.) Munkafüzet; Nemzeti Fejlesztési Terv keretén belül Humánerőforrás-fejlesztési Operatív Program támogatásával. [HEFOP/2004/3.3 1-P.-2004-09-0113/1.0]/

Experimentális munkacsoportunk konkrét formában, az adott rendszerszinten homeosztatikus tulajdonságokat határoz meg (pl. madár és főemlős) egyed szinten: (pszicho-)neuro-endokrino-immunológiai kontextusban. Majd az adott egyensúlyi funkciót jellemző mechanizmusok változásait követjük a feltételek, azaz a lokális és/vagy egyre tágabb környezet egy és/vagy több elemének változásai során. Így kutatási protokolljainkban pl. homeosztatikus szerepű mediátorok (pl. orexin, ghrelin, galanin, monoaminok által aktivált vagy modulált stresszhormonok: VP; ACTH, stb.)

szintézisének és elválasztásának tekintetében történő mechanizmus-módosulásokat vizsgáljuk.

Tanulmányozzuk a vázolt homeosztatisz rendszereltolódásokat a környezet kémiai (pl. halogénezett szénhidrogének: klórbenzolok, uronok, klórpromazin és származékai, prometazin és származékai, stb.), továbbá fizikai (pl. elektromágneses energiaközlések: intermittáló elektromágneses erőtterek:  $\mu\text{T}$ -mT tartományokban) terheléseit modellező experimentális hatásvizsgálatainkban akut és krónikus kezelési protokollokban.

A fizikai energiaterhelések hatásainak vizsgálatait eleinte modellszinten, később terápiás felhasználási, majd alapkutatási eredményeket prezentáló céllal egészítettük ki a GaAlAs lágy lézer hatásainak vizsgálatában. Eredményeink hatására új területeken való alkalmazás – mikrocirkulációs zavarok kezelése, sport, stb. – bevezetése kezdődött el. (Hegedus B., Viharos L., Gervain M., Gálfi M. (2009): The effect of low-level laser in knee osteoarthritis: a double-blind, randomized, placebo-controlled trial. *Photomedicine and laser surgery* 4: 577–84.)

Szisztematikus kutatásaink során az organizmusok (egyedszint) nagy homogenitási halmazainak viselkedésében követhető, fent leírt kémiai, és/vagy fizikai inger(ek) által kiváltott hatások és a következményes biológiai rendszerválaszok közötti összefüggéseket követjük. Kutatásaink során elsősorban a szubtoxikustól az extrém alacsony dózisz terhelési tartományokban (pl.  $\mu\text{g}/\text{tskg}$ ;  $\mu\text{T}$ ) lezajló feltételváltozásokat modellezzük az akuttól a krónikus hatás-időszakokban történő detektálással. Viselkedésmintázatok (agresszió, társas viselkedés, figyelem stb.), etológiai jellemzők (táplálkozási szokások, versengés a forrásért, agresszió stb.) mellett követjük az immunrendszer sejt- és humorális reakcióit, továbbá a neuroendokrin válaszokat (esszenciális hormon és neurotranszmitter) az adott kezelési sémákban, elsősorban *in vivo* (egyedszintű) és *in vitro* (sejtszintű) modellekben. Kutatásaink során a kísérletbe vont biológiai rendszerek struktúr jellemzőit is követjük (hisztológiai és citológiai vizsgálatokkal) azzal a céllal, hogy koherens összefüggést prezentálhassunk a környezeti terhelések kiváltotta kis- és strukturális zavarainak rendszerállapot megítélésében. Ennek következtében a tumorbiológiai kutatásokhoz kapcsolódtunk, mert a modellezett kémiai és/vagy fizikai energiaterhelések kapcsán kiváltott sejtproliferációs változások követésekor a malignus és benignus folyamatok megismeréséhez (extracelluláris milieu, expresszált szintetizátumok és excitált anyagok, sejtpusztulás, morfológiai eltérés stb.) járult hozzá. Nemcsak adatokat tudtunk szolgáltatni, hanem a korábban statikus diagnózisok kiegészítésére dinamikus jellegű megoldások bevezetését is kezdeményeztük.

Kutatásaink finanszírozása önálló és kooperációs keretek között (pl. az SZTE Környezettudományi Intézetével együtt a ZENFE projektben) elnyert pályázatok: OM, OTKA, COST, ETT, T&T, TAMOP, KEOP GOP stb. támogatásával történik.

### *Cikkek:*

- Molnar Z., Palfoldi R., Laszlo A., Radacs M., Laszlo M., Hausinger P., Tiszlavicz L., Razga Z., Valkusz Z., Galfi M., The Effects of Hypokalaemia on the Hormone Exocytosis in Adenohypophysis and Prolactinoma Cell Culture Model Systems. *Experimental and clinical endocrinology & diabetes* (2014)
- Palfoldi R., Radacs M., Csada E., Molnar Z., Pinter S., Tiszlavicz L., Molnar J., Valkusz Z., Somfay A., Galfi M., Pulmonary epithelioid haemangioendothelioma studies in vitro and in vivo: new diagnostic and treatment methods. *In vivo* 27:(2) pp. 221–225. (2013)
- Valkusz Z., Nagyeri G., Radacs M., Ocsko T., Hausinger P., Laszlo M., Laszlo F. A., Juhasz A., Julesz J., Palfoldi R., Galfi M., Further analysis of behavioral and endocrine consequences of chronic exposure of male Wistar rats to subtoxic doses of endocrine disruptor chlorobenzenes. *Physiology and behavior* 103:(5) pp. 421–430. (2011)
- Radacs M., Molnar A. H., Laszlo F. A., Varga C., Laszlo F., Galfi M., Inhibitory Effect of Galanin on Adrenaline- and Noradrenaline-Induced Increased Oxytocin Secretion in Rat Neurohypophyseal Cell Cultures. *Journal of molecular neuroscience* 42:(1) pp. 59–66. (2010)
- Radacs M., Galfi M., Nagyeri G., Molnar A. H., Varga C., Laszlo F., Laszlo F. A., Significance of the adrenergic system in the regulation of vasopressin secretion in rat neurohypophyseal tissue cultures. *Regulatory peptides* 148:(1–3) pp. 1–5. (2008)

## **Környezetfizikai kutatások a Szegedi Tudományegyetem Környezettudományi Intézetében**

*Programvezető: dr. Bozóki Zoltán*

A Szegedi Tudományegyetem Optikai és Kvantumelektronikai Tanszékén a múlt század kilencvenes éve óta folyó fotoakusztikus kutatások az idő folyamán egyre szerteágazóbbá váltak és ezzel párhuzamosan a fotoakusztikus módszer környezetfizikai alkalmazásai egyre nagyobb hangsúlyt kaptak

a szintén sikeres ipari alkalmazások (mint pl. a földgáz vízgőz-, kénhidrogén- és széndioxidtartalmának monitorozása, illetve műanyagok és gumik gázáteresztő-képességének mérése) mellett. A környezetfizikai alkalmazások során ugyanis jól kihasználható a fotoakusztikus gáz- és aeroszoldetektálási módszer számos előnye, mint pl. a nagy érzékenység, szelektivitás, a gyors válaszidő és nem utolsósorban a robosztus konstrukció, ami lehetővé teszi a fotoakusztikus rendszerek alkalmazását akár extrém terepi körülmények között is. Az alábbiakban néhány sikeres környezetfizikai alkalmazását soroljuk fel az általunk kifejlesztett fotoakusztikus műszereknek. Fontos hangsúlyozni, hogy ezekben az alkalmazásokban nemcsak annyi történt, hogy ugyanazt a fotoakusztikus műszert alkalmaztuk különböző célokra, hanem alapvető fontosságú volt a fotoakusztikus alaplátvány az adott alkalmazáshoz történő átalakítására, optimalizálására.

A fotoakusztikus módszerünk és mérőrendszerünk első jelentős környezetfizikai alkalmazása 2001-ben vette kezdetét, amikor a CARIBIC projekt keretében egy fotoakusztikus elvű, a tanszék által kifejlesztett műszer került telepítésre egy utasszállító repülőgép poggyászába. A műszer két mérőcsatornás kivitelű és a repülőgép megtett útja során szimultán méri a légköri vízgőz-koncentrációt és légkör ún. teljes víztartalmát (azaz a gázfázis mellett a vízcseppekben, illetve a jégkristályokban található vízgőzmolekulák koncentrációját is). E fotoakusztikus rendszer része egy olyan mérőkonténernek, ami a repülőgép poggyászába kerül szakaszosan telepítésre, és nagyszámú mérőrendszert tartalmaz a légkörösszetevők és a meteorológiai paraméterek mérésére. A fotoakusztikus műszerünk alapvető szerepet játszik a mérőkonténerrel végzett mérések értelmezésében, hiszen nagy pontossággal jelzi, hogy mikor halad a repülőgép felhőkön keresztül (ilyenkor a teljes vízkoncentráció nem egyenlő a vízgőz-koncentrációval, mint felhőmentes légtömegeken történő áthaladás esetén, hanem meghaladja azt).

Egy másik sikeres alkalmazása a fotoakusztikus rendszereinknek a légköri aeroszol (magyarul szálló por, azaz kisméretű, a levegőben lebegő szilárd vagy folyadék részecskék) mennyiségi és minőségi analízise. Egy több hullámhosszon működő fotoakusztikus rendszert fejlesztettünk ki, amelynek segítségével bizonyos körülmények között nagy megbízhatósággal beazonosítható, hogy a légkörben található aeroszolzrészecskék milyen arányban származnak különböző forrásokból (azaz elsősorban a dízelautók, illetve a háztartási tüzelés mint a koromrészecskék fő kibocsátó forrásai azonosíthatók be). Sikeres terepi méréseket végeztünk, ahol szoros összefüggést találtunk a fotoakusztikus jel hullámhosszfüggését leíró hatványfüggvény kitevője (azaz az úgynevezett aeroszol Angström exponens, rövidítve AAE) és a fényelnyelő aeroszol-for-



rások erőssége között, azaz az AAE méréséből meghatározható a közlekedési és a fűtési korom aránya a szálló por szennyezettségben. Ha a további kutatásaink is igazolják ezen összefüggések általános érvényességét, akkor egy olyan eszköz fog a szakemberek rendelkezésére állni, amelynek segítségével egy szmogriadó során azonnal megállapítható, hogy a szálló por szennyezettség a közlekedésből vagy a háztartási tüzelésből vagy esetleg egyéb forrásokból származik. Ily módon e műszer segítségével azonnali beavatkozás keretében a mostaninál lényegesen hatékonyabban, szelektíven lehetne a fő aeroszolki-bocsátó források kibocsátását csökkenteni.

A felsoroltakon kívül jelentős eredményeket értünk el a fotoakusztikus módszernek a különböző forrásokból származó légkörszennyező gázok légköri terjedésének vizsgálatában, illetve a szennyező források környezetében történő mérésekből a források pontos lokalizálásában és a forráserősségek meghatározásában. Fotoakusztikus készüléket fejlesztettünk ki, amely nagypontossággal (ppb szinten) méri az ammóniakoncentrációt, és egyik változata alkalmas a talaj által kibocsátott vagy elnyelt ammónia kvantitatív mérésére is. Terepi méréseket végeztünk különböző talajtípusok felett, ahol mértük, és ezzel párhuzamosan modelleztük az ammónia-fluxus időbeli változásait. Jelenleg hasonló, akár pontforrásból, akár elosztott forrásból származó metán mérésére alkalmas mérőrendszerek kifejlesztésén dolgozunk.

A fotoakusztikus műszereken alapuló környezetfizikai kutatásaink sikerességét jelzi, hogy 2013-ban a Magyar Tudományos Akadémia támogatásával megalakult az MTA-SZTE Fotoakusztikus Kutatócsoport prof. Dr. Szabó Gábor akadémikus vezetésével.

### *Fontosabb kapcsolódó publikációink:*

- N. Utry, T. Ajtai, Á. Filep, M. Pintér, Z. Török, Z. Bozóki, G. Szabó: Correlations between absorption Angstrom exponent (AAE) of wintertime ambient urban aerosol and its physical and chemical properties Atmospheric Environment **91** 52–59 (2014)
- N. Utry, T. Ajtai, Á. Filep, M. Pintér, A. Hoffer, Z. Bozóki and G. Szabó: Mass specific optical absorption coefficient of HULIS aerosol measured by a four-wavelength photoacoustic spectrometer at NIR, VIS and UV wavelengths. Atmospheric Environment **69** 321–324 (2013).
- Á. Filep, T. Ajtai, N. Utry, M. D. Pintér, T. Nyilas, Sz. Takács, Zs. Máté, A. Gelencsér, A. Hoffer, M. Schnaiter, Z. Bozóki, G. Szabó: Absorption spectrum of ambient aerosol and its correlation with size distribution

in specific atmospheric condition after the red mud accident. *Aerosol and Air Quality Research* **13** 49–59 (2013)

- T. Ajtai, Á. Filep, M. Schnaiter, C. Linke, M. Vragel, Z. Bozóki, G. Szabó, T. Leisner: A novel multi-wavelength photoacoustic spectrometer for the measurement of the UV–vis–NIR spectral absorption coefficient of atmospheric aerosols. *Journal of Aerosol Science* **41** 1020–1029 (2010)
- A. Pogány, Á. Mohácsi, A. Varga, Z. Bozóki, Z. Galbács, L. Horváth and G. Szabó: A compact ammonia detector with sub-ppb accuracy using near-infrared photoacoustic spectroscopy and preconcentration sampling. *Environmental Science and Technology* **43** 826–830 (2009).

## Környezetföldrajzi kutatások a Környezettudományi Intézetben

*Programvezetők: dr. Rakonczai János, dr. Farsang Andrea*

A környezetföldrajzi kutatások a TTIK Földrajzi és Földtani Tanszékcsoportján belül leginkább két tanszék (Természeti Földrajzi és Geoinformatikai illetve az Éghajlattani és Tájföldrajzi) keretében folynak. A kutatások magas színvonalú folytatását komoly műszerpark (pl. akkreditált laboratórium) és informatikai háttér biztosítja. A főbb szakmai területek a következők.

### *1. Tájkváltozás – klímaváltozás*

Hosszú időn keresztül a földrajzi kutatások egyik fontos területe a tájak antropogén hatásokra (pl. ármentesítés, területhasználat) bekövetkező változásainak értékelése volt. Mintegy másfél évtizede azonban nyilvánvaló lett, hogy a változásokban a klímaváltozásnak kiemelt szerepe van. A folyamat következményeinek feltárására érdekében új módszereket dolgoztunk ki, és számos mintaterületen végeztünk részletes elemzéseket, így talán kijelenthető, hogy a tanszékcsoport a klímaváltozás-kutatás legjelentősebb hazai műhelye lett (szakmai irányítója Rakonczai János). Sikerült bizonyítanunk a klímaváltozás tájkváltozásokban játszott összetett szerepét. Fontos megemlítenünk, hogy ezek a változások nem egyformán jelentkeznek tájainkon, és mivel erősen keverednek az antropogén hatások következményeivel, kimutatásuk hosszabb kutatást igényel. Tapasztalataink szerint ugyanakkor találhatóak olyan indikátorok, amelyek alkalmasak a klímaváltozás következményeinek feltárására. Nem hagyható viszont figyelmen kívül, hogy a természeti elemek nem minden kellemetlen változása mögött kell a klímaváltozást keresni végső „bűnösként”, még ha eset-

leg azzal valamilyen kapcsolatba is hozható. (A kutatások fontosságát mutatja, hogy a téma a legutóbbi „kutatóegyetemi” program kiemelt területe volt.)

*Néhány fontosabb publikáció:*

- Ladányi Zs. 2011: A természeti és társadalmi környezet hatása egy Duna–Tisza közti kistájra: az Illancs környezetállapota és tájváltozásai az elmúlt évszázadban. In: Rakonczai J. (szerk.). Környezeti változások és az Alföld. Békéscsaba: Nagyalföld Alapítvány, 2011. pp. 295–306.
- Ladányi, Zs. – Deák, J.Á. – Rakonczai, J. 2010: The effect of aridification on dry and wet habitats of Illancs microregion, SW Great Hungarian Plain, Hungary. AGD Landscape & Environment 4 (1) pp. 11–22.
- Ladányi, Zs. – Rakonczai, J. – Deák, Á. J. 2011: A Hungarian landscape under strong natural and human impact in the last century. Carpathian Journal of Earth and Environmental Sciences, 6 (2), 35–44.
- Ladányi, Zs. – Rakonczai, J. – van Leeuwen, B. (2011): Evaluation of precipitation-vegetation interaction on a climate-sensitive landscape using vegetation indices. Journal of Applied Remote Sensing, 5, 053519, doi:10.1117/1.3576115.
- Rakonczai J. – Ladányi Zs. – Pál-Molnár E. (szerk.) 2012: Sokarcú klímaváltozás. Leolitera kiadó, Szeged. 159 p.
- Rakonczai J. 2007: Global change and landscape change in Hungary. Geografia fisica e dinamica quaternaria 30:(2) pp. 229–232.
- Rakonczai J. (szerk.) 2011: Környezeti változások és az Alföld. Békéscsaba: Nagyalföld Alapítvány, 2011. 396 p. A Nagyalföld Alapítvány Kötetek; 7.
- Rakonczai J. 2006: Klímaváltozás – aridifikáció – változó tájak. In: Kiss A., Mezősi G., Sümeghy Z. (szerk.): Táj, környezet és társadalom: ünnepi tanulmányok Keveiné Bárány Ilona professzor asszony tiszteletére. Szeged: SZTE Éghajlattani és Tájföldrajzi Tanszék – SZTE Természeti Földrajzi és Geoinformatikai Tanszék, 2006. pp. 593–601.
- Rakonczai J. 2011: Az Alföld tájváltozásai és a klímaváltozás. In: Rakonczai J. (szerk.). Környezeti változások és az Alföld. Békéscsaba: Nagyalföld Alapítvány, 2011. pp. 137–148.
- Rakonczai J. 2013: A klímaváltozás következményei a dél-alföldi tájon. MTA doktori értekezés. 164 o.
- Rakonczai, J. – Bozsó, G. – Margóczi, K. – Barna, Gy. – Pál-Molnár, E. 2008: Modification of salt-affected soils and their vegetation under

the influence of climate change at the Szabadkígyós steppe (Hungary). Cereal Research Communications 36:(5) pp. 2047–2050.

- Rakonczai, J. – Ladányi, Zs. (eds) 2012: Review of climate change research program at the University of Szeged (2010–2012). Szeged, 128 p.
- Rakonczai, J. 2011: Effects and consequences of global climate change in the Carpathian Basin. In: Blanco, J. A. – Kheradmand, H. (eds.): Climate Change. Geophysical Foundations and Ecological Effects. Intech 297–322.

## *2. Alkalmazott talajtan*

Az alkalmazott talajtani kutatások számos részterületet ölelnek fel. Valamennyi talajtani kutatási irányunkat átszővi azonban az a törekvés, hogy az egyes talajszelvényekben tapasztalt, a helyszínen és a laboratóriumban mért eredményeket térben kiterjesszük, a mikroléptékről a mezoléptékre váltva térbeli változásokra, összefüggésekre következtessünk. A talajeróziós és deflációs folyamatokat, ill. ezek következtében fellépő tápanyag-átrendeződési tendenciákat kezdetben parcellaszinten mértük és modelleztük, majd jelentős eredmények születtek több mintaterületen kisvízgyűjtő léptékben is. A városi talajokat, az antropogén hatásokat, ill. ezek indikátorait részletesen szelvény mentén vizsgálva nagyobb léptékű, szegmens menti, ill. a város egészére kiterjedő megállapításokat tettünk. Értékeljük a használt termálvízszikkadás talajdegradációs hatásait. Kutatásokat folytattunk a szennyezett talajok fitoremediációs tisztítására. Kiemelt figyelmet fordítunk a belvizek és az aszályok talajtani következményeinek feltárására.

### *Néhány fontosabb publikáció:*

- Zs. Szolnoki, A. Farsang: Evaluation of Metal Mobility and Bioaccessibility in Soils of Urban Vegetable Gardens Using Sequential Extraction. Water air and soil pollution 224:(10) Paper 1737. 16 p. (2013)
- Zs. Szolnoki, A. Farsang, I. Puskás: Cumulative impacts of human activities on urban garden soils: Origin and accumulation of metals. Environmental pollution 177: pp. 106–115. (2013)
- Gál N., Farsang, A.: Weather extremities and soil processes: Impact of excess water on soil structure in the Southern Great Hungarian Plain. In: Lóczy Dénes (szerk.): Geomorphological Impacts of Extreme Weather: Case Stu-

dies from Central and Eastern Europe. 373 p. Dordrecht: Springer Science+Business Media, 2013. pp. 313–325.

(Springer Geography) (ISBN:978-94-007-6300-5 (print); 978-94-007-6301-2 (online))

- Mezősi G., Blanka V., Bata T., Kovács F., Meyer B.: Estimation of regional differences in wind erosion sensitivity in Hungary. *Natural hazards and earth system sciences* 1: pp. 4713–4750. (2013)
- Farsang A., Bartus M., Szatmári J., Barta K., R. Duttmann: In situ determination of the wind erosion caused nutrient loss on Chernozems by portable wind channel experiments. *Journal of earth science and climatic change* 4:(Spec. Iss.) p. 67. (2013) 2nd International Conference on Earth Science & Climate Change. Las Vegas, Amerikai Egyesült Államok: 2013.
- Andrea Farsang, Rainer Duttmann, Máté Bartus, József Szatmári, Károly Barta, Gábor Bozsó: Estimation of Soil Material Transportation by Wind Based on in Situ Wind Tunnel Experiments. *Journal of environmental geography* 6:(3–4) pp. 13–20. (2013)
- Andrea Farsang, Gergely Kitka, Károly Barta, Irén Puskás: Estimating element transport rates on sloping agricultural land at catchment scale. (Velence Mts., Nw Hungary) *Carpathian journal of earth and environmental sciences* 7:(4) pp. 15–26. (2012)
- Boudewijn Van Leeuwen, Gábor Mezősi, Zalán Tobak, József Szatmári, Károly Barta: Identification of inland excess water floodings using an artificial neural network. *Carpathian journal of earth and environmental sciences* 7:(4) pp. 173–180. (2012)
- Rakonczai J., Farsang A., Mezősi G., Gál N.: A belvízképződés elméleti háttere. *Földrajzi Közlemények* 135:(4) pp. 339–349. (2011)
- Farsang A., Szatmári J., Négyesi G., Bartus M., Barta K.: Csernozjom talajok szélerózió okozta tápanyag-áthalmozódásának becslése szélcsatorna-kísérletekkel. *Agrokémia és Talajtan* 60:(1) pp. 87–102. (2011)
- Balog K., Farsang, A., Puskás, I.: Characterization of the soil degradation impact of waste thermal waters on the Southern Great Hungarian Plain (Case study about the risk of sewage thermal water seepage on soil medium). *Carpathian journal of earth and environmental sciences* 6:(1) pp. 229–240. (2011)
- I. Puskás, A. Farsang: Diagnostic indicators for characterising urban soil of Szeged, Hungary *Geoderma* 148:(3–4) pp. 267–281. (2009)
- Puskás I., Prazsák I., Farsang A., Maróy P.: Antropogén hatásra módosult fizikai, kémiai és biológiai tulajdonságok értékelése Szeged és környéke talajaiban. *Agrokémia és Talajtan* 57:(2) pp. 261–280. (2008)

- Farsang A., Cser V., Barta K., Mezősi G.: Indukált fitoextrakció alkalmazása extrémén szennyezett földszerű anyagon. *Agrokémia és Talajtan* 56: pp. 317–332. (2007)
- Farsang A., Kitka G., Barta K.: Talajerózió és foszforátrendeződési folyamatok térképezése kisvízgyűjtőn. *Talajvédelem különszám*: pp. 170–184. (2006)

### *3. Alkalmazott környezetvédelem*

Egy oktatási intézmény számára nagy megtiszteltetés, de emellett az elmélet és a gyakorlat kapcsolatának igazi próbaköve, amikor gyakorlati feladatokra kap felkérést. Az 1995. évi LIII. törvény (a környezet védelmének általános szabályairól) előírja az önkormányzatok számára környezetvédelmi programok készítését. Megyei és települési önkormányzatok, kistérségek felkérésére számos ilyen programot, illetve ezek felülvizsgálatát készítettük el.

Fontosnak tartjuk, hogy amit hallgatóinknak tanítunk az gyakorlatorientált és hiteles legyen, így a feladatokba gyakran bevonjuk a diákokat is, akik igazi komoly kihívásnak érzik az „éles” feladatot. A nagyobb volumenű munkákat megbízásként végezzük, de számos program készül/készült el hallgatók diplomadolgozataként is. Több önkormányzat is élt felajánlásunkkal (illetve keresett meg bennünket), hogy diákjaink (oktatói irányítással és ellenőrzéssel) segítenek (segítsenek) elkészíteni környezetvédelmi programjukat. Ez az, amikor mindenki jól jár: a szűkös forrással rendelkező településnek nem kerül költségbe, a diák pedig megmutathatja, hogy képes önálló feladat megoldására. A környezetvédelmi programok készítése során sok (az alapjogszabály lényegét érintő) gyakorlati tapasztalatra is szert tettünk.

#### *Néhány elkészült program, tanulmány:*

- Csongrád megye környezetvédelmi programja (2001)
- Csongrád megye környezetvédelmi programjának felülvizsgálata (2007)
- Békés megye környezetvédelmi programja (2000)
- Békés megye környezetvédelmi programjának felülvizsgálata (2008)
- Szegedi kistérség környezetvédelmi programja (2005)
- Szegedi kistérség környezetvédelmi programjának felülvizsgálata (2010)
- Rakonczai J. 2008: A környezetvédelmi programok készítésének tapasztalatai. In: Orosz – Fazekas (szerk.): *Települési környezet*. 98–103.